

インドネシア共和国
スメル火山砂防・水資源保全計画
事前調査報告書

昭和 57 年 3 月

国際協力事業団

開 二

~~〇 P (5)~~

82-082

IRY

JICA LIBRARY



1034360[7]

国際協力事業団	
受入年月日 '84. 8. 28	108
登録No. 14148	61.8
	SDS

マイクロ
フィルム作成

は し が き

日本国政府は、インドネシア共和国政府の要請に応え、同国のスメル火山砂防、水資源保全計画にかかる調査を行なうことを決定し、国際協力事業団がその調査を実施することとなった。

当事業団は、建設省土木研究所砂防部砂防研究室長渡辺正幸氏を団長とする4名の事前調査団を昭和56年12月6日から、同年12月20日まで同国へ派遣した。

今回の事前調査は、本格調査の対象となるスメル火山南東斜面周辺地域とグリディク川、ルジャリ川、ムジュール川及びボンドユド川流域における現況を概査し、プロジェクトの規模及び内容について概略検討を行ない、本格調査の必要性と実施可能性について確認するとともに、次に実施する本格調査が円滑に、かつ効果的に進められるよう、インドネシア共和国政府と十分な協議を行ない Scope of work としてとりまとめることを主目的としたものである。

本報告書が、今後の本格調査を立案検討し実施するに際して参考となることを期待するとともに、今回調査実施にあたり、多大の御協力をいただいたインドネシア共和国政府、在ジャカルタ日本国大使館、JICAジャカルタ事務所、公共事業省水資源総局派遣専門家ならびに関係機関に対し厚くお礼申し上げる次第である。

昭和57年1月

国際協力事業団
社会開発協力部長
飯島昭美

目 次

は し が き

第1章 総 論	1
1-1 調査の背景及び経緯	1
1-2 本格調査に対する提言	2
1-2-1 基本方針	2
1-2-2 本格調査の提言	6
1-2-3 調査スケジュール	8
1-3 事前調査の目的	9
1-4 事前調査団の編成及び行動	9
1-4-1 調査団の編成	9
1-4-2 調査団の行動	9
1-5 インドネシア政府との協議内容	11
第2章 各 論	27
2-1 調査区域の地理的概況	27
2-1-1 地理的概要	27
2-1-2 河川の概況	27
2-1-3 気 候	33
2-1-4 火山活動	33
2-1-5 ラハールの発生	34
2-1-6 危険区域指定の現状	34
2-2 調査区域の社会的経済的概況	34
2-2-1 社会的経済的概況	34
2-2-2 第三次5カ年計画における砂防事業の位置づけ	35
2-2-3 公共事業省河川局における砂防事業の位置づけ	36
2-2-4 スメル火山砂防事業の概要と関連組織関連プロジェクト	36
2-3 スメル火山の活動並に南東斜面の河川の諸問題	37
2-3-1 スメル火山の噴火	37
2-3-2 河川災害	37
2-3-3 1981年5月災害と対策の考え方	37
2-3-4 土石流対策と洪水防禦計画の必要性とその基本概念	38
2-3-5 土地利用の現況と開発ポテンシャル	42
2-3-6 水利用の現況と開発ポテンシャル	48

2-4	基礎調査資料	49
2-4-1	全体計画	49
2-4-2	地形・地質	52
2-4-3	気象・水文	53
2-4-4	経済・社会	53
2-4-5	他の開発プロジェクト等	59



写真-1 スメルー火山の爆発と熱雲

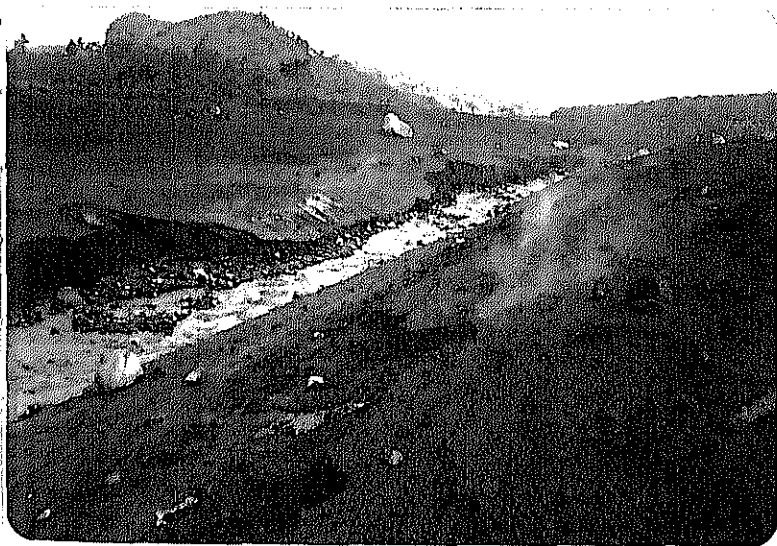


写真-2 熱泥流(ホットラハール)
Besuk Bang



写真-3 冷泥流(コールドラハール)



写真-5 泥流のはんらん(2) K. Mujur
泥流によって村にとびこんだ巨石

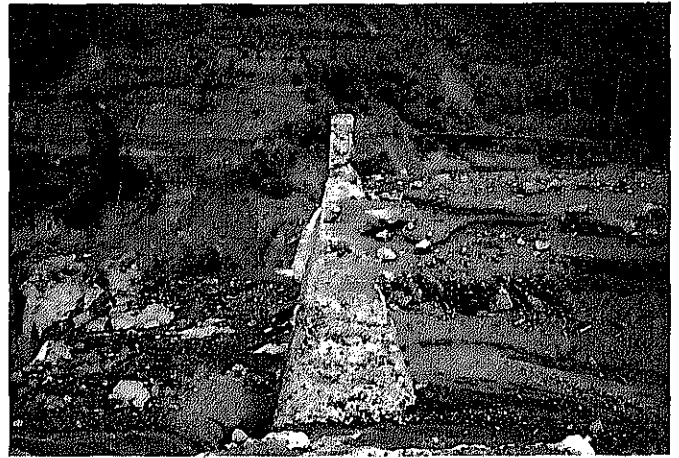


写真-6 砂防ダムの被害(1) B. Koboan

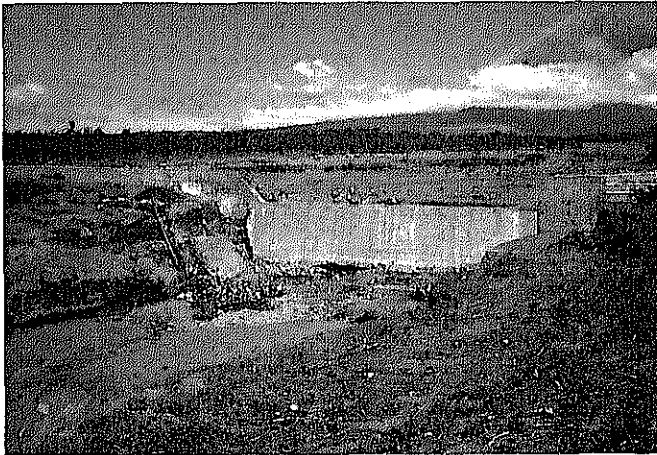


写真-7 砂防ダムの被害(2) B. Sat



写真-9 取水地の被害



写真-10 堤防の復旧

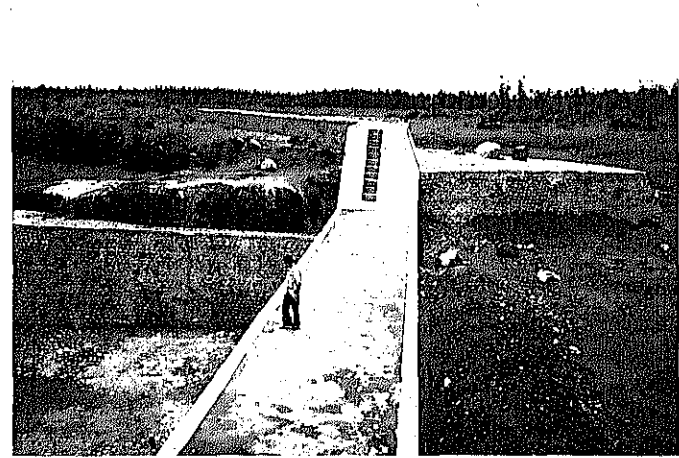


写真-11 砂防ダムの復旧

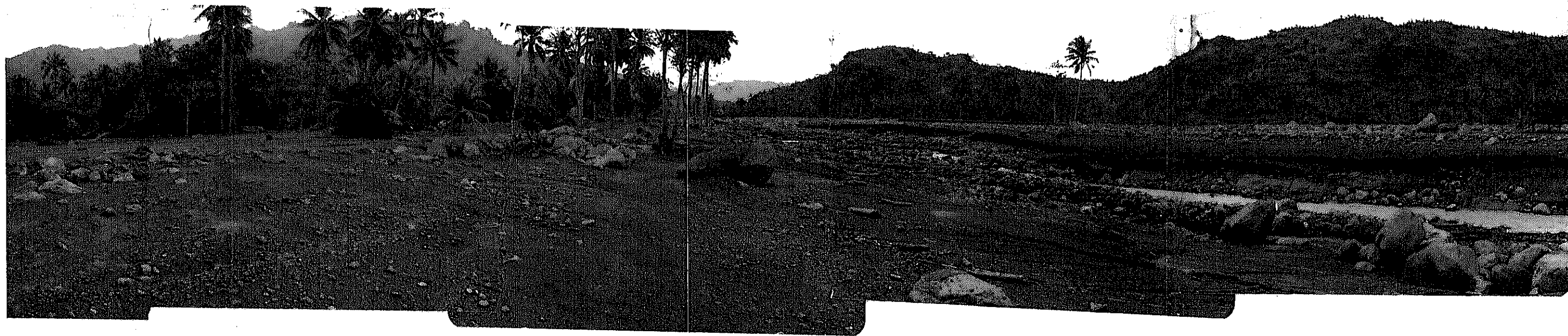


写真-4 レブラ川中流の扇頂部。土砂流の首ふりによって災害が生じている。



写真-8 堤防の被害
1981.5.14 災害直後のレセス堤防。河道断面が狭少かつ、河道法線が堤防直撃方向であったため破壊し下流の部落に被害を与えた。

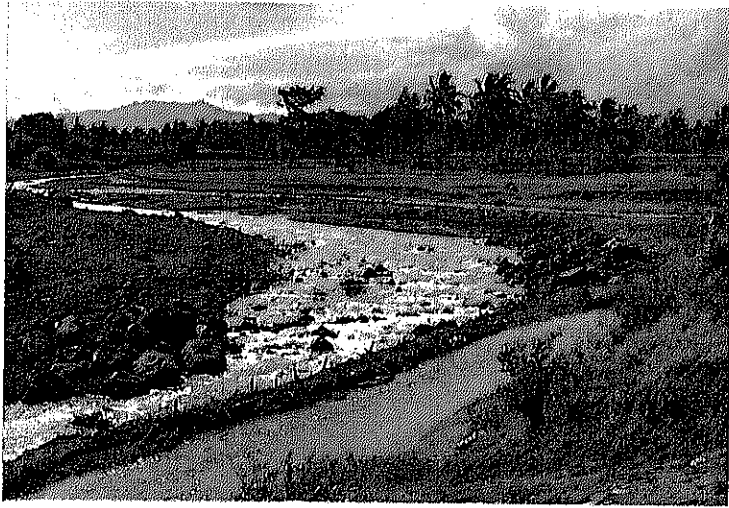


写真-12 取水施設の復旧

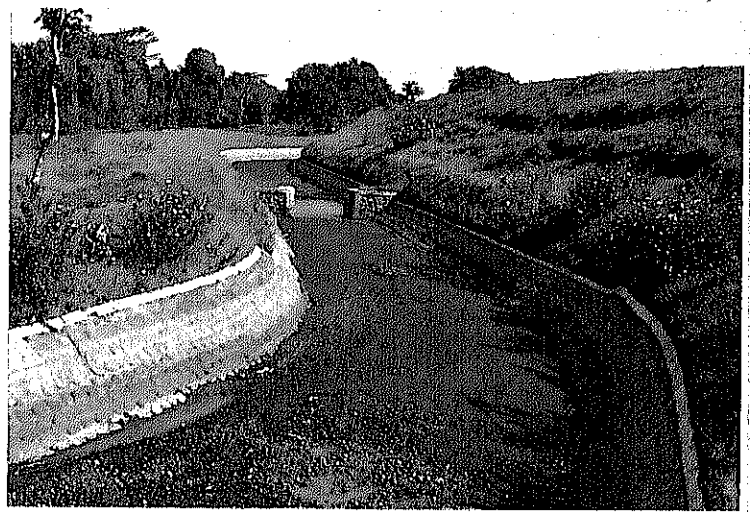


写真-13 灌漑水路の堆砂

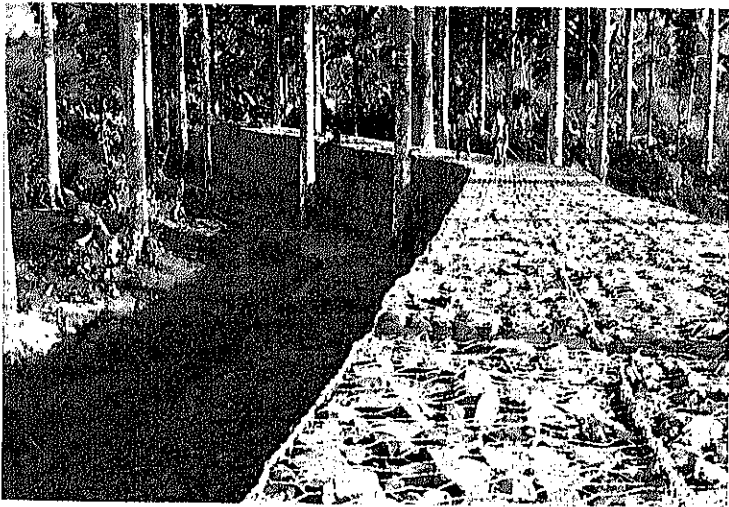


写真-14 泥流のはんらんの対策



写真-15 被害者の移住住宅

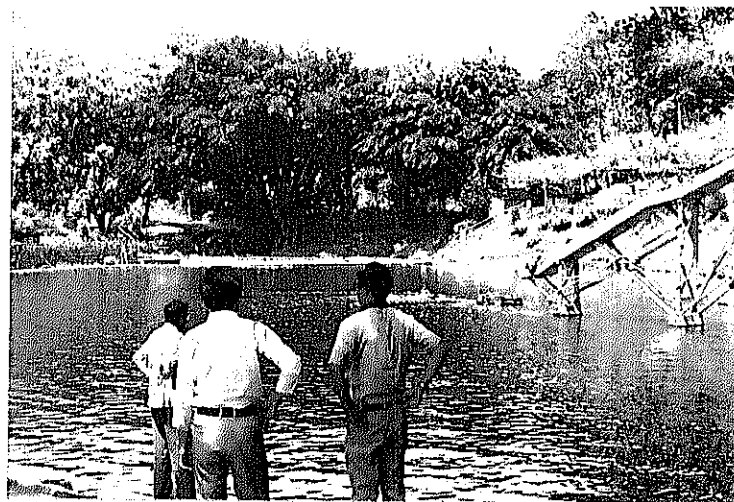
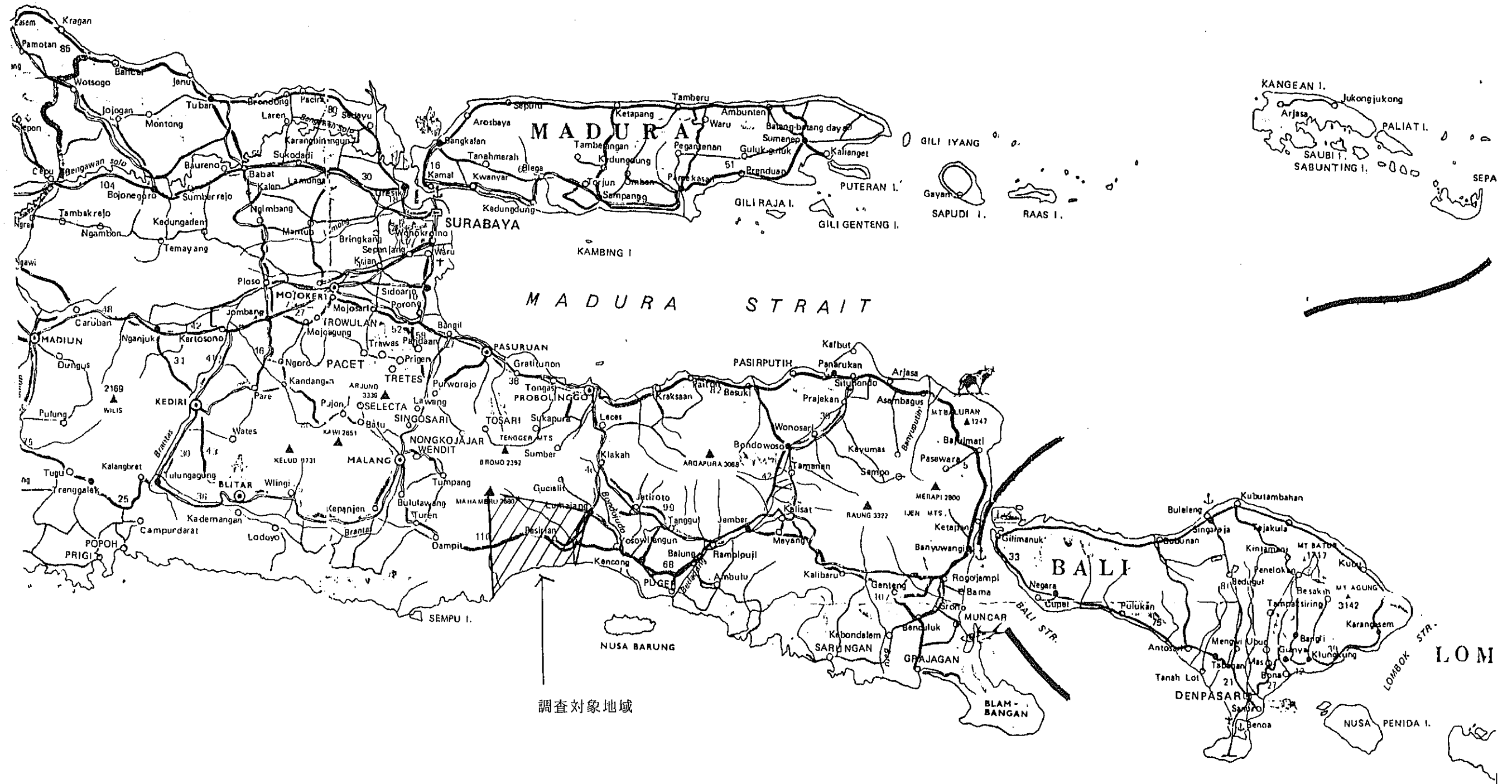


写真-16 泉 K. Asem 下流部
K. Glidik 下流にも同様の泉がある。



調査対象地域

第 1 章 総 論

1-1 調査の背景及び経緯

インドネシア共和国政府は、第三次開発 5 ヶ年計画（1979/80—83/84年）において

- ① 開発成果の公正な分配
- ② 高度経済成長の達成
- ③ 国家の安全・安定の維持
- ④ 行政機構の浄化
- ⑤ 建国 5 原則（パンチャシラ）の実現
- ⑥ 民主主義の強化
- ⑦ 外交政策の独立性の保持

の国家開発目標を掲げ、①の開発成果の公平な分配の実現のためには

- a. 大衆のための食糧、衣服、住居の確保
- b. 公平な所得の分配
- c. 地域間格差の是正

等 8 つの具体的な目標を定めている。

公共事業省水資源総局では上記国家開発目標の達成のため次の 3 項目の目標を定め諸施策を実施しているが、

- ① 農業地帯の安全の維持
- ② 地方の安全の維持による住民の公平の確保
- ③ 工業地帯を災害から守ることによる生産活動の安定維持

同国は世界有数の活火山国であることからその噴火による第一次災害、雨期における激しい降雨により生ずる噴出物等の流出による第二次災害は火山周辺地域の居住地域、肥沃な耕作地に直接、間接的に被害を与えており、上記目標の達成にとって大きな障害となっている。

従って、同省は火山周辺地域における砂防、治水等の防災工事、防災対策の策定、実施が急務であるとしており現在第三次開発 5 ヶ年計画の中でジャワ島を中心に災害復旧対策等の諸プロジェクトの実施に重点を置き防災計画を推し進めている。

本調査の対象であるスメル火山は東部ジャワ州に位置し、州都スラバヤから南々東 100km の地域にあるジャワ島の最高峰（標高約 3676m）でコニーデ型活火山である。

その火山活動は現在でも殆んど途切れることなく小爆発を繰り返しており、その噴火堆積物の降雨による流出は Lahar（土石流）と呼ばれ火山南東斜面周辺地域を中心に人命、家屋、

財産、田畑、かんがい取水施設等に多大な被害を与え同地域の開発、安全の維持にとって大きな障害となっている。

同火山の活動記録は1800年代初期から記録されているが、記録に残されている大きな災害はこの地域の中心都市ルマジャン市（人口約84,000人）を襲い208名の死者行方不明者を出した1909年の災害、119名の死者・行方不明者、2ヶ村の完全破壊及び耕地650haに被害を与えた1976年11月13日の災害、及びサット川を中心に災害が発生し死者・行方不明者約400名を出した1981年5月14日の災害が挙げられる。

この間同国政府はオランダの協力等により砂防工事、防災対策を実施してきたが、1976年11月の災害を期に、1977年にスメル火山砂防工事事務所を開設し砂防ダム、サンドポケット等の建設、緊急災害対策工事の実施、マスタープランの作成等の防災工事、防災対策を実施している。

しかしながら、財政的、人的制約条件からその対応は必ずしも充分とは言えず、スメル火山南東斜面周辺地域の総合的砂防防災計画の策定に際し、1970年以来砂防専門家の派遣、メラピ火山砂防計画マスタープラン作成、メラピ火山砂防センターの設立、1981年5月発生の災害復旧対策計画策定及びスメル火山砂防マスタープランのガイドライン作り等により協力実績のある我国に本フィジビリティ調査の実施を要請してきたものである。

なお、インドネシア政府は1981年5月発生の災害復旧対策計画に関し、1982年初期に我国政府の借款を要請予定である。

1-2 本格調査に対する提言

事前調査として実施した現地踏査およびその考察、ならびにインドネシア共和国政府からの事情聴取および協議に基づき、スメル火山砂防・水資源保全計画策定のための本格調査のあり方について、事前調査団はつぎのように提言する。

1-2-1 基本方針

(1) 土石流対策と洪水防御計画

南東斜面から見たスメル火山は美しいコニーデ型であるが、その山体構成は火山学的にも地形学的にも複雑である。噴火の型式も時期によって様々であることが考えられる。

現在は火口の裂目が南東方向にあるため、熱雲や小規模の熔岩流は南東斜面に主として流出し、とくにGlidik流域に堆積しているが、Rejali川流域、Mujul川流域へ流下する可能性も大きいことを認識しなければならない。

火山灰を噴出させる小爆発の頻度は大きく生産土砂量として決して無視できないものであるうえ、月の影響をうけて高所にまんべんなくまった火山灰は安定性が小さく、泥流の始発現象を支配する可能性があることも重要である。

スメル火山の南東斜面の地形は図-1-2-1のような概念ではぼ3型式に分類できる。

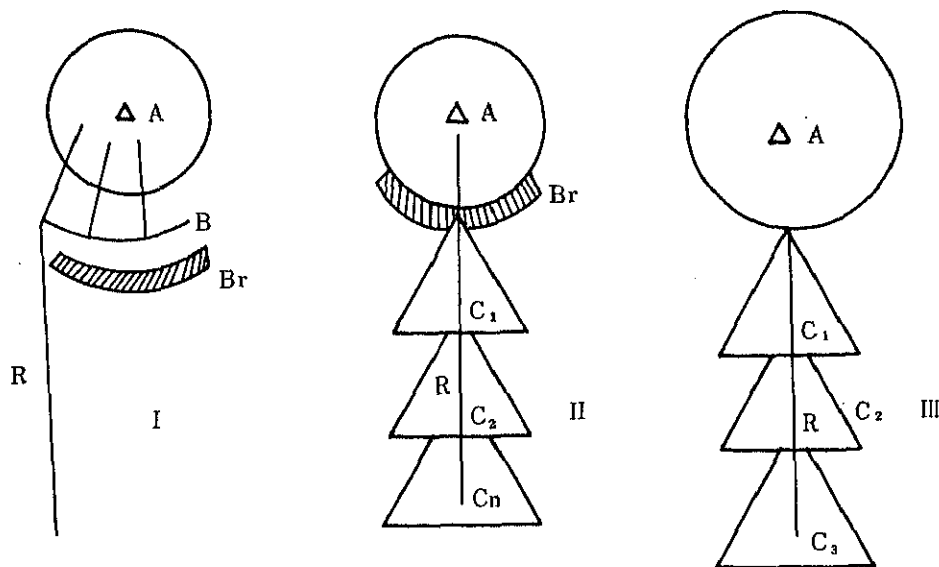


図-1-2-1 スメル火山南東斜面の地形分類

この分類様式の基本的な考え方は①開析あるいは噴火により土砂を生産する山体Aと、②水と土砂を流送する河道R、③土砂の堆積によって形成される扇状地形とから流域が構成されるというものである。防災的見地からみると、この3つの流域要素の外に流域を画する障壁Brを認めることができ、その上流側がいわゆるバッファゾーンBになる。

対象流域は、Bを持つGlidik川流域と、BをもたせうるRejali川流域、およびBを全く欠くMujul川流域に区分できる。また、扇状地は現に形成中であると認められ、しかも単一のものでなく縦断的にも平面的にも連続性とひろがりをもつものであるので、土石流対策のみならず、洪水対策のための計画には、このような地形を動的にとらえる必要がある。

土石流・泥流は少くとも1000m以上の高所の斜面にある堆積物に豪雨が作用して発生しているものと考えられる。過去のデータはBのエリアに10年に1度、Cのエリアに15年に1度の割合でこのような土石流、泥流が発生していることを示している。

土石流は推定 $20\text{m}^3/\text{sec}$ の速度をもつものと考えられ、その先端部分は段波であると考えられる。この点は河道の断面設計や砂防ダムの設計にあたって留意すべきことである。

開析過程にある山地からの土砂流出と異り、活火山からの土砂流出は、その頻度・量ともに予側が難しい。類似の例としては日本に桜島があるので参考にすると同時に、標高1000m以上の高所に自記雨量計を据えつけて土石流の始発現象と雨量強度、雨量と流量の相関につ

いての解析が必要である。

土石流・泥流の材料は粒度分布が極端に悪い。このことは流れのコントロールが困難であることを示すものと考えられるが、一方堆積物の処理に関しては、通常の流れをうまく利用することによって細粒径の土砂を選択的に下流へ流送させて堆砂地における堆砂のボリューム減少・河積の増大等の可能性を示唆するものでもあると考えられる。

しかし、このような種々な配慮をしてもなお活火山の土砂量は無限であり、その流出瀬度は大きい。従って、流域は土砂生産源の斜面と河道、断面と勾配を固定すべき下流河道の2種類に区分し、その中間に土砂を遊ばせる空間を確保する必要がある。

その遊砂空間はセグメントに細分されて土砂水理的な知見による処理が行われることとなる。また、この空間では人間の居住は厳禁されるが、サイクルの短い作物の耕作は認められてよい。

以上述べたような観点でこれまでに成されたことを見てみると、

①破堤点の再締切、②堆砂した灌漑水路の堀削、③欠・倒壊した取水堰の復旧、④多数の死者を出したカ所から生存者を移転させること、⑤道路・橋梁の復旧、⑥砂防ダムの復旧であるが、これらは全て原状への復旧であるうえ強度や耐久性は力学的に全く不十分で民心安定第一の要素が強い。

1981年5月の専門家派遣に際しては、災害発生 of 要因に関する考察が行われ、同年8月の専門家派遣に際してはマスタープランのガイドラインの作成と緊急復旧計画の指導が行われた。その成果はその後の復旧事業に生かされている他、Project Aid Proposal ならびに Project Implementation Programme として編集され、BAPPENASを通して日本国へ資金援助の要請手続に利用されている。

しかし、夫々の作業は個々に実施されており全体的観点における必要性和優先度が明らかでない。

マスタープランはBesuk Sat とRejali 川について作成されていて、残りの川については1981年度中に完成されているが、内容はデータ、解析、計画のいずれの面でも不十分である。

(2) 河道計画について

計画規模の決定とそれにみあう縦断勾配と断面の決定はマスタープランのレビューで行われるとして、ここでは工法的な検討課題についてのべる。

云うまでもなく、河道計画の目的は水理的に有利な条件を長期的に満たすよう河道を設計することにあるが、本計画区域内の河道は蛇行がはげしく、なかでもロームで河道・河岸が構成されているカ所では激しい側方侵食と河床洗堀が進んでいる。

現地で入手可能な石材や活物材料を組合せた護岸工に加えて、河道のアーマコート形成の

可能性について検討が加えられる必要がある。

(3) 山地の荒廃防止ならびに土壌侵食の軽減策についての考察

本計画区域において、河川水は常時2～3万ppmの土砂の微粒子を流送しているものと考えられる。この理由として、森林の荒廃、山地斜面の耕作のほかに、水田の畦畔の処理、法切と斜面保護の方法等きわめて困難な問題が考えられる。流域の土砂管理の観点から、実態が科学的に把握され、それに対する理論的説明が試みられ、対策の指針ないしはとりうる具体的な方策が提案されるべきである。

これについては、日本における浮遊砂の研究とインドネシアにおけるCitandui川と国連によるソロ川支川Samin川のパイロットプロジェクトが参考になる。

(4) 土石流・泥流発生と流下の予警報システムについて

土石流・泥流の発生条件については、斜面や溪流の勾配と土砂の堆積が規定されれば、堆積層の中の水位によって支配され、堆積層の中の水位は降雨によって形成されることが判っている。土石流に対する総合的な安全体制は施設のみによって達成されることは困難であると思われるため、土石流・泥流発生と流下の予警報システムが確立される必要がある。

このシステムは、計画区域のローカリティに支配されるだけでなく、情報の受け手の行動によってもシステムの内容がかわるものである。また、当然行政的な対応も不可分なので関連要件について実態が把握され、ジョクジャカルタの火山砂防トレーニングセンターと協力して、望ましいシステムが提案される必要がある。ただ現地の特異性として雷の瀬度とマグニチュードのデータが必要なので適当な調査が必要である。

(5) 水資源の開発ポテンシャルについて

計画区域内の水資源は降水と河川水と地下水によってまかなわれている。とくに河川水と地下水のウエイトは大きい。

しかし、河川水を取水する堰は大きな河床変動のために常に破壊され、移動をくり返している。また、恒久的な施設を築造する段階ではない。加えて、水路には流砂が堆積し、州政府と村落共同体の共同になる掘削作業は機動的でない。

砂防と河床安定が急務であることが理解できる。

通年にわたって灌漑を可能にしているのは湧泉である。湧泉は巾広い標高階にわたって存在しており、流量も安定しているようである。これらはいづれも天然の泉であるので、村落の中の井戸の水位観測のデータとあわせて解析すれば井戸の新規開発は可能であると考えられる。

1-2-2 本格調査の提言

1) マスタープランのレビュー

マスタープランを作成した現地の技術者（PT. AMARTAKARYA 他）と調査データ、計画目標、計画手法、計画の評価等について討議し、現地で確認する。解析手法と結果についても確認する。具体的な作業としては 河床と河道の変動傾向と過去から行われてきた工事や避難の事実、土地利用の変遷と災害の形態、火山活動と各河川への影響の形態と大きさを個々にあるいは関連させて考察し、これらの作業をとおして現地住民や行政のニーズを把握する。

また、計画区域は地形の変化を動的にとらえる必要があり、この観点でMPには欠けているため、今後の作業のためにもまず討議、模型実験、現地踏査を通して両者の意志疎通をはかり、認識統一の努力を行う。

2) 計画区域の物理条件に関する調査

(1) 空中写真の図化 一般縮尺は1:10000 必要カ所については部分的に1:5000

(2) 土地条件調査

地形図と空中写真判読および現地踏査により、斜面地形、河道地形、堆積地形をマクロ～ミクロのスケールで調査し、地形発達史的観点から災害の解析を行い、対策について考察する資料を得る。土砂量の解析をも含む。

(3) 水文・水理調査と解析

とくに高地のデータが必要である。流出解析にあたってはBondoyudo本川の資料が参考になろう。なお、計画の精度向上とフィードバックのためには調査期間終了後もさらに現地プロジェクトによる観測が継続されるべきであり、土石流発生・流下の警報のためにも不可欠であるため、当初からしっかりした機材を据付ける必要があり、将来は自動化することが望ましい。

(4) 詳細測量

河川水理調査や構造物の計画のために必要である。

(5) 既設工作物調査

(6) 地質調査

(7) 河床材料調査

土石流・泥流の材料調査を含む

3) 計画区域の社会・経済条件に関する調査

(1) 土地利用調査

(2) 交通ネットワーク調査

- (3) 灌漑ネットワーク調査
- (4) クロップパターン調査
- (5) 資産調査・産業分布
- (6) 人口分布
- (7) 関連開発計画
- (8) 関連事業組織
- (9) 災害調査
- (10) 災害予警報調査

4) 水資源開発ポテンシャルに関する調査

- (1) 表流水の開発ポテンシャル

Bondoyudo川流域をモデル河川として低水流出解析を行ない降雨量のみ得られる他の河川に適用し表流水の開発ポテンシャルを求める。

- (2) 地下水の開発ポテンシャル

自記水位計とポータブル水位計により雨期，乾期の地下水コンターを描き調査区域内の地下水の開発賦存量を求める。

- (3) 現在激しい河床変動のため不安定である Mujur 川，Rejali 川からの河川水の安定取水方法について検討する。

- (4) 1966年調査の調査区域内の水路網についてチェックする。

1-2-3 本格調査スケジュール

	1982												1983												1984									備考	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
測量	—			---																															
図化																																			
MP レビュー	—			---																															
社会経済				—																															
土地利用				—																															
水利用				—																															
水文 A	—																																雨		
B	—																																地表		
C	—																																地下		
地形	---			—																															
地質 1				—																															地表・地質
地質 2				—																															BORING
砂防 1				—																															土地条件
2				—																															河川
3				—																															災害
4				—																															施設
水工	—																																		
測量				—																															
予警報																																			
WRP.																																			
FSD.P.																																			
Report																																			

1-3 事前調査の目的

1980年11月に提出されたインドネシア共和国政府のTerms of Referenceに基づき、同国政府の本計画に対する基本的な考え方を聴取・確認し、調査対象地域であるスメル火山南東斜面周辺地域、特にブリディク川、ルジャリ川、ムジュール川、ボンドユド川流域を中心に災害状況等の現況把握のため現地踏査を行ない、本格調査の範囲、規模、内容等につき同国政府と協議検討を行なうとともにその結果をScope of Work及びMinutesとしてとりまとめることを目的として派遣された。

又、調査対象地域の雨期が11月から翌年5月にわたるため、雨期データの早期収集の開始による本格調査の効率的実施の観点から事前調査団が自記雨量計、地下水位計、量水標等を携行し、それら水文機器の設置地点の選定、据付、メンテナンス指導を行うことを併せて目的とした。

1-4 事前調査団の編成及び日程

1-4-1 事前調査団の編成

団長 総括・砂防計画 渡辺 正 幸
建設省土木研究所砂防部砂防研究室長
団員 土石流災害対策 清野 雅 雄
建設省建設大学校教務部研修調査官
" 河川計画 土屋 進
建設省河川局治水課々長補佐
" 業務調整 桜田 幸 久
国際協力事業団社会開発協力部開発調査2課

1-4-2 事前調査団の行動

日順	月	日	曜日	行 程	調 査 内 容
1	12月	6日	(日)	東京→ジャカルタ (JL 721)	○山崎書記官、後藤所員、酒井専門家打合せ。
2		7日	(月)		○山崎書記官、後藤所員、浜守、酒井両専門家打合せ。 ○宮本事務所長打合せ
3		8日	(火)		○水資源総局河川局打合せ。 (Ir. Djoko 他)
4		9日	(水)		○水資源総局河川局打合せ

			(Ir. Putra河川局長, Ir. Amir 計画課長他)
			◦ Mr. Suyono水資源総局長表敬, (山崎書記官他)
		ジャカルタ→スラバヤ (G A)	
5	12月10日 (木)	スラバヤ→レンコン川 →ルマジャン (車)	◦ レンコン川, ルジャリ川中流域現地踏査 ◦ スメル火山砂防事務所打合せ。 (Ir. Hudyantiroko 計画課長他)
6	11日 (金)		◦ ボンドユド川中流域現地踏査
7	12日 (土)		◦ アセム川, ムジュール川, ルジャリ川 流域現地踏査, 及び雨量計, 地下水位計, 設置地点選定。
8	13日 (日)		◦ 報告書大成及び資料とりまとめ (桜田団員帰ジャカルタ)
9	14日 (月)		◦ 携行水文機器据付, メンテナンス 指導 ◦ スメル火山砂防事務所打合せ (Mr. Suparman 事務所長, Mr. Sihono 次長他)
10	15日 (火)	ルマジャン→グリディク川→ クディリ→スラバヤ (車)	◦ グリディク川中流域現地踏査 ◦ ブラントス川中流域砂防施設視察
11	16日 (水)	スラバヤ→ジャカルタ (G A)	◦ 宮本事務所長現地踏査結果報告 ◦ 浜守, 酒井両専門家打合せ。
12	17日 (木)		◦ 水資源総局河川局打合せ及び Scope of Work 協議 (Ir. Putra河川局長, Ir. Amir 計画 課長他)
13	18日 (金)		◦ 水資源総局河川局 Scope of Work, Mi nutes 協議。 (Ir. Putra河川局長, Ir. Amir 計画課 長, 山崎書記官他)
14	19日 (土)		◦ 水資源総局河川局 Minutes 署名 ◦ 後藤事務所員調査結果報告
15	20日 (日)	ジャカルタ→ 東京 (JL712)	

1-5 インドネシア政府との協議内容

事前調査団は派遣前に国内にて各省会議で承認された対応方針、Scope of Work 案及び現地踏査の結果をもとにインドネシア共和国水資源総局と協議を行った結果多少の S/W の変更はともなったものの大筋原案通りで合意され別紙 Minutes 及び S/W の署名に致った。

なお、主な S/W の修正点及び議論点は次の通りである。

1) 主な S/W の修正点

① 調査対象地域の一部変更

現地踏査の結果、Bondoyudo 川は直接的には土石流災害の対象地域外であり、オランダ統治時代から種々防災対策が実施されており現在では Mujur 川支川 Besk Sat に土石流災害対策を実施することによって安全性を確保できることから本調査の対象地域からはずすこととしインドネシア政府の合意を得た。

又、水資源の Potential Study の観点からも同河川は既にかんがい等に開発がなされておりその必要性は薄いと判断に立った。

その結果本格調査対象地域は Bondoyudo 川支川 Asem 川及び最大の受益地である Lumajang 市からスメル火山南斜面を貫流する Glidik 川に至る約 730 km² の範囲となった。

② 調査期間の変更

当初本格調査の期間を約 2 年間と計画していたが、現地踏査の結果、「I」側が作成中のマスタープランの内容、精度が非常に低く本格調査の実施に際し信頼できる程度に達していないためそのレビューにかなり時間をかける必要があること及び各河川の上流部には水文データが無く、又、調査地域における地下水の賦存量が予想以上に豊富なため水資源 Potential Study にとっても地下水の水理を把握することが必須となったため本格調査では調査の精度を上げるため最低 3 雨期の水文データが必要との判断に立ち本格調査期間 2 年半でインドネシア政府の合意を得た。

なお、それに伴い Progress Report I の提出時期が 1983 年 6 月頃と非常に遅れるためインドネシア政府の要請に基づき P/R I, II に分け P/R I を 1982 年 9 月頃、P/R II を 1983 年 6 月頃に提出することで合意した。

③ 日本側の車輛の提供

当初 S/W ではインドネシア側に車輛を提供させる方針であったが「I」側は、車輛の提供・確保が困難なため 1980 年提出の Terms of Reference でも日本側に車輛の提供を求めていること、現在スメル砂防事務所にも車輛が少なく ONGOING プロジェクトに使用しているため本格調査団に提供する余裕がないこと、予算的にも購入・借上げが困難なこと及び他プロジェクトからの転用も困難なことから日本側で供与する様非常に強い要請がなされた。

事実、現地踏査期間中「I」側はマイクロバス 1 台を借上げ事前調査団に提供する等車

輛は不足におり、又、調査地域での車輛の借上げ（特にジープは借上げ不可能）は困難なことから日本側で可能な範囲で提供し、不足分は「I」側で提供することで合意した。

2) 主な Minutes での合意事項

① インドネシア側の追加航空写真

インドネシア側で撮影した航空写真をチェックした結果 Lumajang 市の周辺が撮影されておらず、同市が本調査の最大の受益地であることから「I」側に追加撮影を要請し合意を得た。

又、航空写真の一部が雲により判読不可能なため当該地点の再撮影を併せ「I」側で実施することとなった。

なお、事前調査団が航空写真の日本への持ち帰りが「I」側の国内手続きの関係上できなかったため 1982 年 1 月中旬までに送付するよう要請し合意を得た。

② Implementation Programme への協力

インドネシア側は、現在円借要請予定の緊急災害対策計画の建設後ただちに本調査の建設を計画しており、そのために本格調査団で 1983 年 5 月末までに I/p を作成する様非常に強い要請があったが JICA での I/p の作成は困難な旨説明し、本格調査団が「I」側で作成する I/p へレコメンデーションをすることで合意した。

③ 予警報システムの検討

S/W では単に non-structural measures としているがインドネシア側はテレメーター施設の供与・設置を強く要請してきたが JICA での供与は困難なこと又、「I」側でのメンテナンスが困難なこと等を説明し、non-structural measures の意味をより明確にするために調査対象地域における予警報システムを検討・策定することで合意した。

④ 水文データの収集

a. Bondoyudo 川は調査対象地域から除外されたが、調査対象地域の水文データが少いことから、比較的データのある Bondoyudo 川のデータを収集、解析し調査地域の降雨流出の相関関係の把握に資することで合意を得た。

なお、Bondoyudo 川のデータ収集はインドネシア側があたり、その解析は本格調査団があたる。

b. 事前調査団が携行した自記雨量計、地下水位計等の水文機器を調査団選定地点に「I」側が設置し継続観測にあたり、特に地下水位の観測には水位計設置点のみならず地下水脈把握のため周辺の井戸の地下水位調査を週 1 回「I」側が実施することで合意された。

なお、これら水文機器は調査終了後「I」側への供与の強い要請があった。

3) その他の主な討議事項

① 水資源開発計画調査

調査対象地域における水資源開発計画調査の実施方インドネシア側から強い要請があったが、T/Rには水資源のPotential Studyの要請のみであり、又、水資源開発計画調査には対象が大きくなりすぎることを説明し、本調査の結果水資源開発が有望であり、且つ「I」側が強く希望するのであれば別件F/Sとしての要請を検討する様説明し、本調査対象からは除外することで合意した。

MINUTES OF MEETING
ON
THE SCOPE OF WORK FOR THE FEASIBILITY STUDY
OF
THE VOLCANIC DEBRIS CONTROL AND WATER CONSERVATION
PROJECT IN THE SOUTH - EASTERN SLOPE OF MT. SEMERU
IN THE REPUBLIC OF INDONESIA.

The Preliminary Study Team of Japan International Cooperation Agency (JICA) for the Volcanic Debris Control and Water Conservation Project in the South - Eastern Slope of Mt. Semeru and the Directorate of Rivers of the Directorate General of Water Resources Development, Ministry of Public Works, the Government of the Republic of Indonesia exchanged their views on the draft of Scope of Work for the said Feasibility Study prepared by the JICA Team.

Both parties agreed with some modifications to the draft and finalized the Scope of Work (refer to the attachment) with the following understandings :

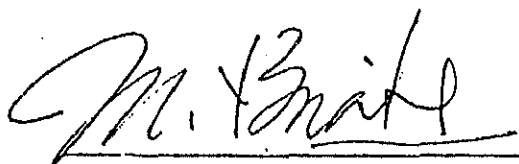
1. The Government of Indonesia will undertake additional aerial photo - taking of 1 : 10.000 scale covering surrounding area of Kota Lumajang totalling about 85 Km² and retaking of a part of the existing aerial photo prepared by the Government of Indonesia which is not sufficient for mapping required for the feasibility study.
2. The Government of Indonesia requests JICA to present all reports concerning the study two weeks before the date of discussion.

3. JICA shall provide necessary vehicles for the implementation of the study. In case JICA is not able to provide the vehicles sufficiently, the Government of Indonesia will make its best efforts to fulfill the remaining requirement.
4. With regard to the training of Indonesian counterpart in Japan, the Government of Indonesia expressed its request that JICA shall provide opportunities for training in Japan especially during the period of study work in Japan.
5. Based on the request of the Government of Indonesia, JICA shall provide the following hydrologic and hydraulic equipment :
 - 3 automatic recording rain gauges,
 - 11 automatic recording water level gauges,
 - 2 portable water level gauges, and
 - water level gauging staffs totalling 15 m length.
6. The Government of Indonesia shall install the above equipment at the places as recommended by the Team as soon as possible.
7. The Government of Indonesia will carry out appropriate operation and maintenance including data collection of the above equipment in accordance with the manuals concerned.
8. The Government of Indonesia will collect the data of rainfall and discharge of Kali Bondoyudo, which will be further analysed by the Study Team for the purpose of formulation of the rainfall and discharge relationship needed for the water resources potential study.
9. The Government of Indonesia shall conduct underground water level survey once a week by using portable water level gauges at the key wells, neighbouring wells, and

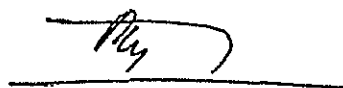
the surrounding areas, to obtain underground water level contour line for the study of potential underground water development.

10. The Government of Indonesia will send the negative and positive areal photo film of the study area to the JICA Team through the Japanese Embassy at the latest on the middle of January, 1982, provided that it is in accordance with the Indonesian security regulation.
11. The JICA Team will prepare the recommendation for the Implementation Programme by the end of May, 1983.
12. The JICA Team will carry out the study of the forecasting and warning system in the study area.
13. The Government of Indonesia strongly requests to the JICA Team to make its best effort. to accelerate the study in such a way that the implementation of the disaster prevention works proposed by the study will become the continuation of the urgent rehabilitation works.

Jakarta, December 18, 1981.



Mr. Masayuki Watanabe,
Leader of JICA Preliminary Survey
Team for the Feasibility Study of
the Volcanic Debris Control and
Water Conservation Project in the
South - Eastern Slope of Mt. Semeru,
Government of Japan.



Ir. Putra Duarsa,
Director of Rivers,
Directorate General of Water
Resources Development,
Ministry of Public Works,
Government of Indonesia.

SCOPE OF WORK
FOR
THE FEASIBILITY STUDY
ON
THE VOLCANIC DEBRIS CONTROL AND WATER CONSERVATION PROJECT
IN THE SOUTH EASTERN SLOPE OF MT. SEMERU
IN
THE REPUBLIC OF INDONESIA

BETWEEN
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
AND
DIRECTORATE OF RIVERS
DIRECTORATE GENERAL OF WATER RESOURCES DEVELOPMENT
MINISTRY OF PUBLIC WORKS

December, 1981

SCOPE OF WORK
FOR
THE FEASIBILITY STUDY
ON
THE VOLCANIC DEBRIS CONTROL AND WATER CONSERVATION PROJECT
IN THE SOUTH EASTERN SLOPE OF MT. SEMERU
IN
THE REPUBLIC OF INDONESIA

I. INTRODUCTION

In response to the request made by the Government of the Republic of Indonesia, the Government of Japan has decided to assist the Government of Indonesia, in accordance with laws and regulations in force in Japan, to conduct a Feasibility Study on the Volcanic Debris Control and Water Conservation Project in the South Eastern Slope of Mt. Semeru (hereinafter referred to as "the Study").

The Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA"), the official agency responsible for implementation of technical cooperation programs of the Government of Japan, will carry out the Study in close cooperation with the authorities concerned of the Government of Republic of Indonesia.

The following scope of works was set forth, based on the Terms of Reference prepared in November 1980 and the result of the JICA's preliminary survey carried out in December 1981.

II. OBJECTIVES OF THE STUDY

The objectives of the study are:

1. To verify the feasibility of the disaster prevention plan as selected sites.
2. To formulate a land and water conservation plan, and
3. To improve the capability of the Indonesian counterpart personnel.

III. STUDY AREA

The study area covers the south eastern slope of Mt. Semeru extending the area of 730 km², and their surrounding area, namely Kali Mujur, Kali Rejali, Kali Glidik, Kota Lumajang, part of Kabupaten Lumajang, Pasirian, Candipuro and Tempeh in East Java Province. (see attached map).

IV. SCOPE OF THE STUDY

The activities to be undertaken in the Study are as follows:

1. Map Preparation (Phase I)
Terrestrial survey and mapping with a scale of 1/10,000 covering the Study area.
2. Main Study (Phase II)
 - 1). Collection of existing data and information.
 - a. Hydrology and hydraulics.
 - b. Meteorology.
 - c. Geology and geomorphology.
 - d. Regional economy.
 - e. Damage and behavior of sediment and flood.
 - f. Construction cost and construction materials.
 - g. Others.
 - 2). Field Survey.
 - a. Terrestrial survey.
 - b. Geological survey.
 - c. Soil survey.
 - d. Hydrological and hydraulic survey.
 - e. Survey on river condition.
 - f. Survey on sediment and flood area.
 - g. Survey on present land use.
 - h. Survey on present water use.
 - i. Others.
 - 3). Study and Analysis.
 - a. Review of the Master Plan prepared by the Government of Indonesia, other materials relevant to the Study and on-going projects.

- b. Regional economy.
 - c. Hydrology, hydraulics, sedimentation and erosion.
 - d. Potential of land and water resources development.
 - e. Land and water conservation plan.
 - * Land classification with respect to vulnerability and productivity.
 - f. Disaster prevention plan.
 - * Structural and non-structural measures.
 - g. Preliminary design of disaster prevention facilities.
 - h. Construction materials, labour force, construction method, and equipment.
 - i. Organization for the implementation.
- 4). Verification of feasibility for disaster prevention plan.
- a. Estimation of costs for construction, operation and maintenance.
 - b. Estimation of benefits.
 - c. Economic and financial evaluation.
 - d. Social and environmental aspect.
 - e. Implementation schedule.

V. REPORTS

JICA will prepare and submit the following reports in English to the Government of the Republic of Indonesia.

1. Inception Report.
 - * Thirty (30) copies at the beginning of the Study.
2. Progress Report I.
 - * Thirty (30) copies at the end of September 1982.
 Progress Report II.
 - * Thirty (30) copies at the end of the first works in Indonesia.
3. Interim Report.
 - * Thirty (30) copies at the end of the first works in Japan.
 - * Discussion on the Interim Report will be held after the submission.
4. Progress Report III.
 - * Thirty (30) copies at the end of second works in Indonesia.

5. Draft Final Report.

* Thirty (30) copies within four (4) months after the commencement of the second works in Japan.

* The Government of the Republic of Indonesia will provide JICA with its comments within one (1) month after the discussion on the Draft Final Report.

6. Final Report.

* Fifty (50) copies within two (2) months after the receipt of the comments on the Draft Final Report from the Government of the Republic of Indonesia.

VI. UNDERTAKING BY THE GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF INDONESIA.

For the purpose of the Study, the Government of the Republic of Indonesia will undertake:

1. To provide the Japanese Study Team with available data, information and materials concerned for its use in connection with the Study and to arrange the Team access to such sources of information as are considered necessary for the execution of the Study,
2. To carry out such works as terrestrial survey, geological survey, material and soil test, hydrological observation and economic situation survey,
3. To secure permission for entry into private properties and restricted area in connection with the field survey, according to prevailing Government of Indonesia regulations,
4. To exempt the Team from any taxes and duties for materials, equipment and personal effects necessary for the study performance which are to be brought into Indonesia by the Team,
5. To assign counterpart personnels and clerical staffs to the Team during the Study period,
6. To provide the Team with suitable office space with necessary equipment and services for the Study (in Jakarta and the project site),

7. To make arrangements for accommodations for the team and all of the expenses of the accommodations for the team should be paid by the team,
8. To provide drivers, fuel and maintenance cost for vehicles to be provided by JICA, and other survey equipment necessary for the Study,
9. To provide fund for local counterpart salaries assigned to the Study and operational cost,
10. To provide any other available facilities that may be required for the execution of the Study,
11. To allow the team to use necessary frequency band for transceiver, in accordance with the permission of the Government of Indonesia.
12. To assist the team a quick access to medical services during its stay in Indonesia, if requested,
13. To make arrangements for the team to take all data, maps and materials concerned including aerophoto out of the Republic of Indonesia to Japan according to the regulation in Indonesia, and they will be used only for the purpose of the Study, and
14. To bear claims if any, against the Study occurring in course of, or otherwise connected with the discharge of their official functions in the Republic of Indonesia, except for those claims arising from the willful misconduct or gross negligence of the team members.

VII. UNDERTAKING BY JICA

For the purpose of the Study, JICA will undertake:

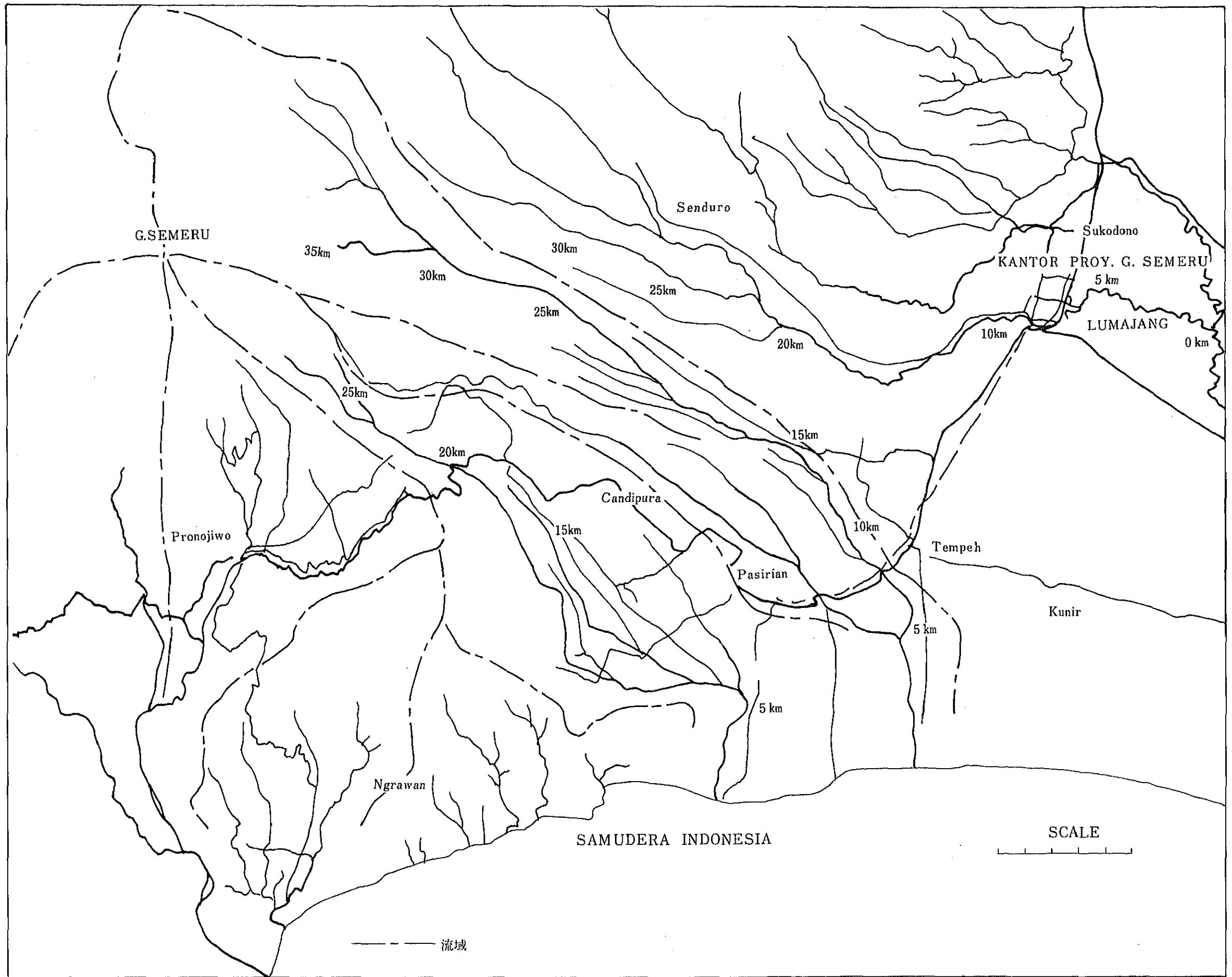
1. To send the Japanese Study Team to conduct the Study,
2. To make maps necessary for the Study (scale : 1/10,000).
3. To carry out on-the-job training and transfer of knowledge to the Indonesian counterpart personnel in Indonesia and Japan during the Study period, and
4. To provide vehicles and equipment necessary for the efficient implementation of the Study.

VIII. STUDY SCHEDULE

The whole work will be conducted in accordance with the attached schedule.

TENTATIVE STUDY SCHEDULE

ACTIVITY	1982												1983												1984											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
*Phase I (Mapping)																																				
Work in Indonesia																																				
Work in Japan																																				
*Phase II (Main Study)																																				
Work in Indonesia																																				
Work in Japan																																				
Inception Report																																				
Progress Report																																				
Interim Report																																				
Draft Final Report																																				
Comments on Draft																																				
Final Report																																				
Final Report																																				



第 2 章 各 論

2-1 調査区域の地理的概況

2-1-1 地理的概要

スメル火山は(3676m)はジャワ島，東部ジャワ州にあり，州都スバラヤの南南東約100 km，マラン市の南東東30 km の位置にある。

別名マハメルーと呼ばれるこのジャワ島の最高峰は，古くから宇宙と現世をつなぐ神の道としてヒンズー教徒に崇められてきた聖山である。

スメル火山の南東斜面は東から Bondoyudo 川 (282km²)，Mujur 川 (247km²) Rejali 川 (95km²)，Glidik 川 (315km²) の流域を構成していて，それらの流域の中には Lumajang 郡 Lumajang 市，Pasirian 郡，Tempeh 郡，Candipuro 郡，Senduro 郡があり，これらの郡は Lumajang 県に所属している。

この南東斜面は広大な沢野であり，河川水や地下水（泉）により灌漑された砂糖キビ畑と水田が広がっている。Lumajang 東方30kmの Jatiroto には精糖工場があり，Lumajang 市はこれら地域の物流の中心地である。

なお，四河川の全てはインドネシア洋へ流入している。

2-1-2 河川の概況

Bondoyudo 川は Bromo 火山 (2390m) の南東斜面を流域とする本川と Semeru 火山と Bromo 火山の鞍部を水源とし，Lumajang 市を貫流する Asem 川とからなっている。上～中流部の水田を灌漑したあと下流部では約 1200 ha の砂糖キビ畑を灌漑する安定した河川である。

Mujur 川は Semeru の東斜面に発する Besuk Sat と，東南斜面に発する Besuk Semut からなっていて，これらは川口から 5 km の地点で合流している。

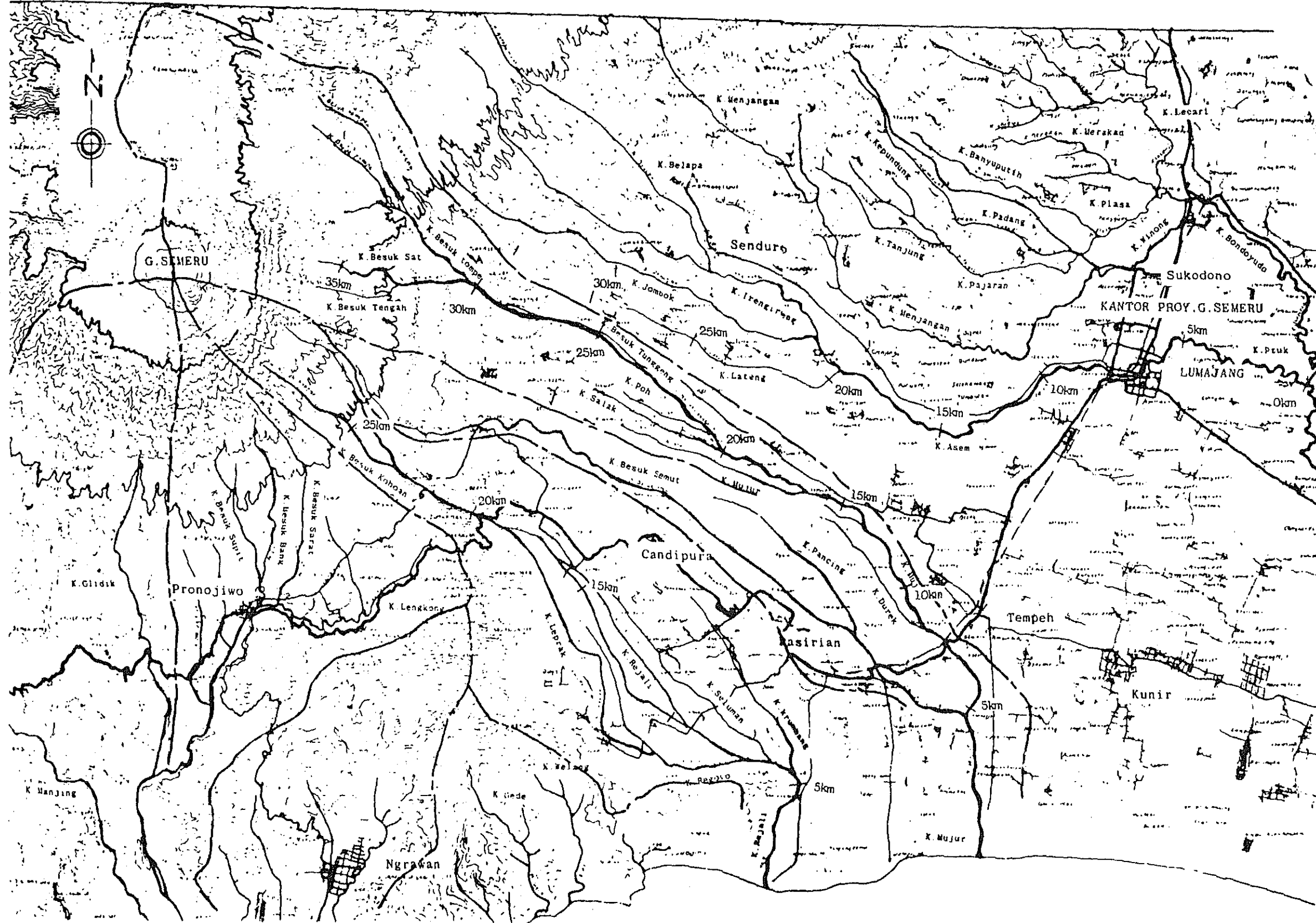
Besuk Sat は何度も泥流を発生させている。その最も大きいものは 1909 年，川口より約 30 km 地点で氾濫し，Lumajang 全市をおそった。

それ以降大きい泥流災害がないのは，Semeru 火山の爆発方向が火口の裂目の位置によって Glidik 川の流域に集中していることと，1909 災害以降オランダ人技術者が Lumajang 市を守るために破堤点付近に堤防を築いてきたからである。

しかし，1981 年 5 月 14 日に Besuk Sat の右支川 Besk Tunggeng に発生した泥流は，1909 年災害のときと同一の地点で破堤し，あわや再度 Lumajang を襲うかにみえた。この災害は 400 人の犠牲者を出す一方，弱点で何ら改善されていないことを示した。

Mujur 川の右支 Besk Semut は特異な河川である。即ち，水源地域の標高 1000 m より上部が熱雲堆積物に完全におおわれてしまったため，降雨の大部分は Mujur 川へ流域を替えて流出するかもしくは地下水となって他の方向へ流出し，Besuk Semut 本川は数 10 m に近い川幅を

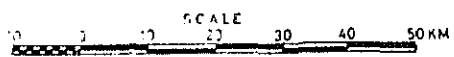
图 2-1-1 河川流域图






LEGEND

- PROVINCIAL BOUNDARY
- KARESIDENAN BOUNDARY
- KABUPATEN BOUNDARY
- KECAMATAN BOUNDARY



 REPUBLIK INDONESIA DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM DIREKTORAT JENDERAL PENGAIRAN					
SUB PROYEK PENGEMBANGAN AIR TANAH JAWA TIMUR EAST JAVA GROUNDWATER SURVEY ADMINISTRATIVE UNITS					
DIGAMBAR DRAWN	DIPERIKSA CHECKED	DISETUJUI APPROVED	TANGGAL DATE	SIR M. MACDONALD & PARTNERS AND HUNTING TECHNICAL SERVICES UNDER ASSIGNMENT FROM ODM, LONDON	FIGURE 26
			SEPT. 79		

残したままの溜れ川になっている。

また、この川は泥流堆積物を数mないし10mの深土で下刻しており、他の河川が河床を低下させていく場合の好事例を提供している。

Besuk Semutの西隣りにGn. Sawur(857m)に境されてBesuk Koboanが南東方向に流れる。

これは極めて活発に泥流を出す川で、標高750mから500mの落差を1kmの峡谷でぬけたあと、Rejali川の扇状地へ入っている。

この扇状地は、上流からの莫大な土砂のために、インターセクションポイントの変動がきわめて激しく、河川流路はひんぱんに首ふりをくりかえしてきている。

西端のGli dik川は傾斜に順に南流する本川に、東からLeng Kong川が合流する。このLeng Kong川はBesuk Supit, Besuk Bang, Besuk Kembar等日々噴出される熱雲堆積物を刻む諸溪流を併せ、最も土砂流出量の多い川である。とくにBesuk Bangは1981年3月24日に熱泥流を発生させた。この川の特徴は山頂から半径14kmの同心円上の南東部分約15kmにわたってカルデラ状の小山脈によって囲まれていることで、そのためSemeru本体の麓野の標高750mのところ長径6km、短径3kmの緩傾斜地があり、その一部は1976年の噴火による熱雲によって堰止められて湖水化している。

なおこのカルデラ状の小山脈は石灰岩と安山岩とからなる第三紀層である。そしてその背面すなわちインドネシア洋にいたる10kmの区間はGlidik川の川口の一部を除いては一面の石灰岩山地である。

(註 Besuk: 谷の意, Gn: gunungの略, 山の意)

2-1-3 気 候

本地域は熱帯モンスーン気候帯にあり、乾期と雨期に二分される。雨期は一般に11月～4月の6カ月、乾期は5月から10月までである。

標高300m以下の地域では平均年雨量1500～2000mm、最大日雨量200～400mmで大体300mm程度、標高600m以上の地域では年平均3000～4000mm、最大日雨量300～400mmである。なお、台風はない。

2-1-4 火山活動

インドネシアは世界有数の火山国であり、ジャワはとくに火山が密集している。有史以来の20件の大噴火のうち12件がインドネシアで発生している。なかでもジャワ島のMerapi(2911m)、Kelud(1731m)、Semeru(3676m)とバリのAgung(3142m)の活動は活発で、その被害も大きいので、インドネシア政府はこれらの火山に関して中央政府直轄の火山砂防工事々務所をおいて防災に努めている。

スメル火山は日夜15～30分間隔で小爆発をくり返し、火山灰を降らせているが時々熱雲

を吐き出している。これらが下流の河川流域をおそう最大の土砂源となる。

これまでのところ、熱雲の流出距離は火口から最大13km、一般には数kmなので集落に直接の被害はなかった。また、大部分の集落は古い熱雲堆積物の末端近くに遮廠されるように立地しているので安全度は大きい。しかし1976年以降の熱雲と泥流により、古い熱雲堆積物に遮へいされていない集落は次々に壊滅していった。

2-1-5 ラハール（土石流）の発生

火山活動の影響を直接こうむるものを第一次の危険とすれば、ラハール（土石流）は二次の危険である。ラハールは噴出物とくに熱雲堆積物に豪雨が作用して発生するものと考えられており、日本にも桜島にその例がみられるものである。

ルーズな熱雲堆積物は水で飽和状態になると突然動き出し、流動する過程で10tonをこえる巨石塊を先頭におしたてて段波状の流れで流下するものと思われる。この先頭の段波に後続する土砂濃度の相対的に低い流れが河道を一気に下刻し、このことのために下流への流送土砂が激増することとなる。

また、段波状の流れの流量は通常の数倍に近い値となるので、河積の少い所や、カーブした地点ではらんすることとなる。

2-1-6 危険区域指定の現状

スメルー火山周辺は三種類の危険区域に区分されている。第一種危険区域は熱雲の脅威に直接さらされる区域であり、火口から南の斜面標高750mまでがこの区域に相当する。

第二危険区域は、火口から半径15kmの円内で、爆発の際の降灰や軽石の降下にさらされる区域である。第三危険区域は、Mujul, Rejali, Glidik 各河川に沿って土石流、泥流、洪水のはらんする区域である。第一危険区域は立入が厳禁されており、他は居住が制限されている。

2-2 調査区域の社会的経済的概況

2-2-1 社会的経済的概況

Bondoyudo川の流域の大部分を除いて、過去泥流による被災地の範囲で考察すると、人口はおおよそ 340×10^3 人（1978）、人口密度は 470 人/km²である。

人口密度はLumajang郡が最大であり、それはここ商業・交通のネットワークの中心があるためである。

主たる産業は農業で、米、メイズ、大豆、ピーナツ等が夫々240、156、46、2km²の面積で栽培されている。このほか、ほぼ標高1000m以下の全域において油ヤシがみられるほか、標高200mから800mにかけて沈桂、コーヒーがさまざまな規模で栽培されている。熱雲堆積物や土石流堆積物のうえで水利が及ばないところではチーク等の植林が行われている。

交通については、ジャワ海側のProbolinggoからインドネシア洋側のPasirianへ至る鉄

道が Lumajang を南北に經由しており、東方の Jember へ至る鉄道が Lumajang から分岐している。国道は鉄道に沿って走っていて、その一部はアジアハイウェイ 2 号線に指定されている。

社会的な大事件となるのはラハールによる災害である。Rejali 川の扇状地約 20km²、Glidik 川右支 Leng Kong の山麓約 6 km² は泥流常襲地帯であり、とくに 1976 年以降は瀬度が大きかったため、危険地帯の人々はスマトラ等の外領へ移住せざるを得なかった。

また、1981 年 5 月 14 日の Besuk Sat と Rejali 川の右支 Leprak 川の災害では 400 人が死亡した他 1002 戸が全壊し、679ha の水田が失われている。被災者のうち一部は移転地を近傍に得られたが、それでも約 1000 人は外領へ移住させられる予定である。

社会経済的概況は土地利用によって大幅に規制される。すなわち、一般的にみて標高 1000 m までは市街化された部分を中心に水田地帯となっている。市街地では早朝に喧騒極まるふんいきで交易が行われている。昼間は暑さのためにけだるいふん囲気が支配して活動は休止されるが夜は一般市民・農民の買物で再び喧騒の巻と化す。各職種の人たちから聞きとりを行ったところ、みんな夫々に分をわきまえた考え方で自分の所得と生活を認識しているようである。標高 400 m までは米作専業地帯である。集落には電燈が入り、全戸が自転車をもっている。オートバイも高率の普及を示しており、ここ数年に購買能力がかなり向上したことがわかる。しかしこのあたりでの格差は水利の良し悪しにかかるようである。水利の得られないところではメイズが主たる作物のようであり民家はアンペラ張りで土間といったみずぼらしいものとなる。

標高 400 m 以上は作物の品数が増大し、民生は豊かになる。作物としては米、沈桂、コーヒーがみられる。建物はガラス張りが多く集落は電気と上水道を備えている。水利の得られないところではキャッサバが作られていて生活は貧しく、水利が支配する要素の大きさが推量される。ここ数年の変化の中で注目すべきことの一つは

①小作人の所得向上の程度がきわめて低いこと、

②農作業形態、ことに刈取りがアニアニ方式から鎌方式に変えられつつあるのではないかということである。

これらのことは農村社会の構造を大きく変える端緒となりうる変化である。

2-2-2 第三次 5 年計画における砂防事業の位置づけ

インドネシア共和国の第三次 5 年計画は 1981/82 までである。主要計画目標として河川局がかかげているのは次の 3 項目である。

- (1) 農業地帯を洪水・土砂害から守ることによって平隠を維持すること。
- (2) 地方の安全を守ることによって住民の公平を確保すること
- (3) 工業地帯を災害から守ることによって国内の生産活動を守ること。

これらの目標達成に資するため、河川改修、既設工作物の補強、洪水排水路の建設、堰の建

設等が一番にあげられ、第2番目に砂防とエロージョンコントロールがあげられている。その内訳は砂防ダムの建設、砂遊地の建設の他に活火山周辺の避難道路の建設促進がうたわれている。

第三番目の項目は洪水と土石流による災害の予測である。

第四番目の項目は洪水調節用のダムと遊水池の建設であり、第五番目は河川構造物の維持管理となっている。

以上の目的を達成するために夫々の目的にあわせてSub-Programが編成されている。

それらは

- (1)一般河川の改修と維持
- (2)特定河川の改修と維持と開発
- (3)活火山地区の災害防止
- (4)測量、計画作成と災害救助
- (5)河川構造物の維持管理

に区分されている。

いずれも河川改修と併せて活火山地帯の防災対策が重視されていることを示している。

2-2-3 公共事業省河川局における砂防事業の位置づけ

砂防事業はwampu川、Cimanuk川、Madium川等の各事業(Sub Project)で実施されるほか、活火山の噴火に伴う災害の防除という特別のProjectによって実施されている。これには中部ジャワのメラピ火山、東部ジャワのクルー火山、バリのアグン火山、東部ジャワのスメル火山が含まれている。これらは河川局所掌の15事業所の内予算でそれぞれ第6、第9、第10、11位を占める。

なお砂防事業は一般プロジェクト、特別プロジェクトを併せて河川局計画課で統括されている。

2-2-4 スメル火山砂防事業の概要と関連組織および関連プロジェクト

スメル火山プロジェクトは活火山砂防事業の4番目のプロジェクトとして1976年に創設された。それまでは比較的安定していたのであるが、1976年11月になって活動が活発化しGlidik流域にある集落が熱雲と土石流におそわれ始め、死者が出たのである。そのため、従来は東部ジャワ州政府の事業であった本プロジェクトを中央政府直轄とし、社会省、移住省、国防省、鉱業省と連携をもって防災対策にあたってきた。

これらの省の中で、公共事業省はスメル火山砂防事務所を監督して、砂防ダム、遊砂地、堤防の建設にあたる他、灌漑取水施設の建設と復旧にあっている。社会省は被災者に衣食住を提供して民生の安定をはかり、移住省は生残りの被災者のうち田畑の復旧が不能と判断される人々をスマトラ等へ移住させている。国防省、警察は治安の維持と避難のにあたり、鉱業省は所属の地質調査所を通して火山活動の観測と予警報を行っている。

なお、周辺で実施されているプロジェクトとしてはPROSIDA、コーヒー・ココア・丁桂のプランテーション、農林省の植林事業がある。

2-3 スメル火山の活動並に南東斜面の河川の諸問題

2-3-1 スメル火山の噴火

第二次世界大戦のさなかを除いて火山活動の記録はよく残されている。戦前はオランダ植民地政府が確かな観測網を設立し、独立後のインドネシア政府はそのシステムをよく引継いで火山の観測を継続している。火山活動の観測は現地での地震計の記録と監視人の内眼観測記録である。しかし、事実の発生の記録が主で、全てのデータはバンドンへ送られるため、よほど長期の前兆でもなければ活動の予測をたてることは不可能にちかい。

記録によれば1818年以後1976年までの159年間に76年間の活動記録が残されている。

噴火は熔岩か熱雲の片方か双方を噴出させる。地形図から判断すると、これらは火口から10km地点ぐらいの所まで流下している。

これに降雨が作用すると、さらにその下流へは熱泥流が発生する。熱泥流はインドネシア火山においてとくに顕著な現象で、被害が大きくなる。噴火直後の降雨は山麓では計測しがたく、また山麓で晴れていても山頂部では雲の中で降雨をみる場合が多いので、突発的な熱泥流の発生はとくにおそろしい。火山活動に起因するもう一つのおそろしい現象は、新規に噴出したものが噴火前に形成された谷を埋めてしまい、谷の分布が変ってしまって予想外の谷から泥流が流出することである。また、降灰や熱雲の噴出がなくても、古いそれらの堆積物が風化して不安定になって流出することもあり、噴出物が堆積していないからといって安心することはできない。

2-3-2 南東斜面を刻む河川は、東からAsem川、Mujur川、Rejali川、Glidik川の4水系からなり、Glidik川を除いて他の3川は相隣る他の川の流域へ分派したことがある。

このような現象は、土石流、泥流、ラハールといわれる高濃度土砂流による大量の土砂の流入・堆積の結果、河床が上昇して洪水があふれたものである。また、洪水でなくても平時の水は上流側の堆積土砂を再び侵食して河道を造るが、その土砂をさらに下流へ堆積させて下流の河床を上昇させるため、少し流量がふえると容易にはんらんすることになる。このように、土砂の流送の多い河川は極めてはんらんしやすい、治め難い川である。

このような川では上流から下流へ至る途中に何段もの扇状地が形成されており、その扇状地の中で川筋が首ふり現象を示すことになる。河床材量も極端に分布が悪いため、アーマコートがなかなか形成されないのも不利な条件である。

1909年以來、オランダの技術者の苦勞のあとがMujur川の堤防やバイパスに残されている。

2-3-3 1981年5月災害と対策の考え方

1981年5月14日16時ごろBesukSatとK. Tunggengの両溪流の上流で泥流が発生し、約

400人が死亡した。この発生は全く予測できなかった。標高740mの地点で2時間に200mmの降雨が観測されているが、標高1000m以上の地点ではもっと強い降雨があったのであろう。泥流の流速は、標高700m付近で20m/sec、標高100m付近でも10m/secはあったろうと思われる。ピーク流量は3000~4000 m^3/sec ちかい値を示すと思われるが、これは比流量にして200近い値であり、このことは流れが極めて非定常であることを推定させる。また、わん曲の著しい所即ちR/Bの値が小さい所では外カーブにのりあげて巨石や泥をまきちらしており、河道の断面の不足と線形の悪さを感じさせる。しかし、河床勾配の遷緩点では確実に礫を堆積させていて勾配効果が大きいことを示していた。このことは反面この点のはんらん開始点であることをも示し、事実、Besuk Sat や Rejali 川ではこのような点で破堤し、洪水がはんらんした。

このような現象から見ると、上流では後続流による河床洗堀の防止と貯砂効果を、中流部では土砂の拡散・堆積を促すような計画が必要と判断され、緊急対策はこのような計画の一部として手戻りのないよう作成された。ただ、砂防ダム等の横断工作物については前述したように流れが、先端部できわめて流量が多い段波状と考えられるために、流量の決定には慎重な配慮が必要である。

また、先端部の流れが及ぼす圧力は強大であり、それと対抗するための構造物の厚みや材料については未知の点が多い。厚み・強度を増す他に緩衝効果についても考察しなければならない。

緊急復旧計画の概要は図2-3-3-1、2-3-3-2に示す。

2-3-4 土石流対策と洪水防禦計画の必要性とその基本概念

(1) 土石流対策の必要性

爆発を伴う小噴火を瀕発させているスメル火山によって生産された土砂量は莫大なものであって不安定な状態で堆積されていると推定され、それは現在なお生産されつづけている。また当地方の気候は雨期は11月~4月、乾期は5月~10月で、降水量は標高によって異なるが、標高300m以下の地域では年平均1500~2000mm、日最大200~400mm、標高300m~600mの地域では年平均3000mm、日最大200~300mm、標高600m以上の地域では年平均3000~4000mm、日最大300~400mmと多雨地域であり、土石流の発生しやすい条件を兼ね備えている。それは、1909年の土石流をはじめ、幾度となく土石流発生記録が残っており、近くは1981年5月14日にBesuk Sat 右支川のK. Tunnugの土石流によって死者行方不明者合わせて約400名という大災害に至るまで、平均人口密度720人/ km^2 (1978年現在)という人口稠密地帯の人命と豊かな農耕地に繰返し甚大な被害をもたらしてきている。

1981年7月インドネシア政府が撮影した $1/10,000$ 航空写真から土石流の痕跡を随所にとどめているのが判読できるし、我々の現地踏査においても、かつての土石流々下の